

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА IGBT-МОДУЛЕЙ

Апалишин В. С., Афанасьев Н. А.

Научный руководитель – д. т. н. Шилин А. А.

Томский политехнический университет

prince_tails@mail.ru

Введение

Транзистор – электронный полупроводниковый прибор, в котором ток в цепи двух электродов управляется третьим электродом[1]. Транзисторы необходимы, чаще всего, для усиления электрических сигналов.

Разделяют два типа транзисторов:

- биполярные;
- полевые.

Отличаются эти два вида транзисторов принципом действия: выходной сигнал биполярных транзисторов управляется входным током, полевых – входным напряжением или электрическим током.

IGBT транзистор – полностью управляемый полупроводниковый прибор, в основе которого трёхслойная структура. Его включение и выключение осуществляются подачей и снятием положительного напряжения между затвором и истоком[2].

Его входные характеристики подобны входным характеристикам полевого транзистора, а выходные – выходным характеристикам биполярного.

Принцип работы IGBT-модулей

Упрощенная эквивалентная схема IGBT-транзистора представлена на рисунке 1.

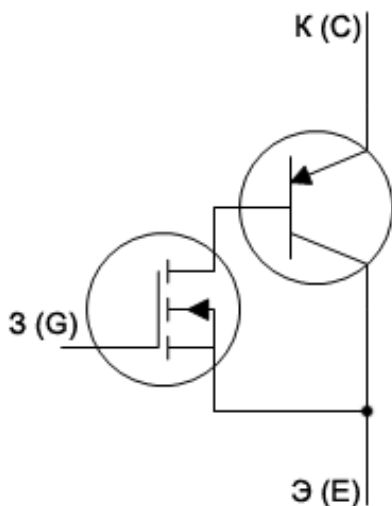


Рис. 1. Упрощенная эквивалентная схема IGBT-транзистора

Объединив положительные качества биполярных и полевых, с изолированным затвором, транзисторов появился весьма достойный переключающий элемент – IGBT. Полевой транзистор с n-каналом фактически

служит усилителем тока с большим усилением, и хорошо открывает связанный с ним биполярный транзистор, который служит силовым в данной паре.

IGBT применяются в электроприводах, начиная от небольших электроинструментов вплоть до электровозов. То, что они работают в области не очень высоких частот, в отличие от Mosfet, избавляет от множества проблем, связанных с паразитными индуктивностями и емкостями – управляющий транзистор в такой структуре чувствует себя вполне комфортно, его частота переключений сравнительно невелика. Значит, легче перезаряжать затворную емкость. Большой проводимости от него, в данном случае, не требуется. Выходной p-n-p биполярный транзистор устроен таким образом, что выдерживает большое обратное напряжение и может работать в инверсном режиме. Простота управления IGBT и область безопасной работы оказались гораздо выше, чем у биполярных транзисторов.

Транзисторы IGBT крайне редко применяются в одиночном варианте и, как правило, их используют в модульных вариациях. Модульное использование проще и компактнее использовать в изделиях.

Очень важной функцией IGBT-модулей является возможность наращивать мощность частотных преобразователей, инверторов без больших материальных затрат[3].

Со схемой управления IGBT-модули связываются при помощи драйверов, так как встроенных драйверов модули не имеют. Это специальные интегральные схемы, которые позволяют эффективно управлять затворами IGBT и выжать из них максимальную эффективность. Необходимость в драйверах заключена в снижении, до предела, времени переключения IGBT, приблизив к идеальному ключу.

Проблемы IGBT-модулей

Хоть IGBT-модули имеют ряд преимуществ, они не идеальны и тоже, как и любые приборы, подвержены поломке. Проблемы могут быть как и в самих модулях при эксплуатации из-за износа модуля, так и в драйверах управления.

Одни из причин выхода из строя IGBT-модулей являются:

- сбой в системе управления\ложное включение драйвера в результате электромагнитной помехи;
- неисправность драйверов, что может привести к короткому замыканию;

- ненадежные контакты в цепи управления (обрыв цепи);
- воздействие сквозного тока (повреждение кристаллов модуля);
- перегрев модулей;
- повреждение диодов из-за воздействия длительного тока перегрузки;
- пробой затвора и др.

На рисунке 2 представлена фотография модуля под воздействием одной из причин поломки – повреждение кристаллов IGBT в результате перегрева модуля.



Рис. 2. Повреждение кристаллов IGBT в результате перегрева [4]

Большинство перечисленных причин можно предотвратить правильной эксплуатацией модулей, но часть проблем тяжело диагностируется. Ремонт модулей крайне проблематичен. Часто модули одновременно используются не в одном экземпляре, и существует проблема диагностирования конкретного модуля. Менять все модули сразу может быть слишком затратное для компании, как и отправлять модули компаниям-производителям, т.к. производители модулей, в основном, находятся за рубежом.

Российский рынок IGBT-модулей слишком скудный, очень мало компаний изготавливают самостоятельно эти модули. Это можно списать на сложность производства, т.к. детали очень чувствительны, и наладить полностью безопасное производство может быть проблематично. Также отсутствуют установки для оценки качества этих модулей и чтобы производить модули самостоятельно, придется разработать такую установку.

Установки для оценки качества IGBT-модулей должны считывать основные параметры для контроля и проверки их соответствия нормативным документам. Также установка должна проводить практическую проверку модуля, сравнивая вольт-амперную характеристику текущего образца с заведомо идеальным образцом.

Создание подобных установок могут дать дополнительный толчок к появлению компаний, которые будут создавать свои IGBT-модули и, следовательно, это позволит создать в России

собственный рынок производства модулей с перспективой экспорта.

Заключение

В статье были рассмотрены основные типы транзисторов: биполярные и полевые. Глубже был рассмотрен IGBT-транзистор, принцип его работы, комплектацию IGBT-транзисторов в модули, их проблемы и возможные пути решения. Одним из решений было предложено создание установки для оценки качества модулей и описаны предполагаемые функции установки.

В статье подмечено, что создав установку для оценки качества IGBT-модулей, можно подтолкнуть производителей полупроводников в России к массовому производству модулей, тем самым развить Отечественный рынок.

Список использованных источников

1. Биполярные транзисторы. For dummies // Geektimes [Электронный ресурс]. – URL: <https://geektimes.ru/post/253730> (дата обращения 18.08.2017).
2. Рогачев К. Д. Силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) // Справочник по электронным компонентам [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/igbt/transistor.htm> (дата обращения 22.08.2017).
3. Модуль IGBT для частотного преобразователя, эксплуатация на практике // Частотный преобразователь [Электронный ресурс]. – URL: <http://chistotnik.ru/igbt-modul-dlya-chastotnika.html> (дата обращения 23.08.2017).
4. Бормотов А., Мартыненко В., Мускатиньев В. Некоторые вопросы эксплуатации IGBT-модулей // Рынок микроэлектроники [Электронный ресурс]. – URL: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/05_05/stat_116.htm (дата обращения 23.08.2017).